



RAPPORT LNR 4884-2004

Vurdering av Rutletjødno som resipient for avløp



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Vurdering av Rutletjødno som resipient for avløp	Løpenr. (for bestilling) 4884-2004	Dato 2004.09.17
	Prosjektnr. Undernr. O-23525	Sider Pris 21
Forfatter(e) Hobæk, Anders	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Leif Myhre AS	Oppdragsreferanse Leif Arne Bratlie
-----------------------------------	--

Sammendrag

Rapporten gir en vurdering av mulige effekter av et planlagt kloakkrenseanlegg med utslipp til Rutletjødno, Stord. Anlegget vil ha god renseeffekt for fosfor og for organisk materiale, og det forventes knapt merkbare effekter så lenge anlegget fungerer som det skal. Dersom renseanlegget får driftsstans over lengre tid kan det ikke utelukkes uheldige effekter på Rutletjødno i form av oksygensvinn i bunnvannet. Ved normal drift og god renseeffekt vil utslippets bidrag til oksygenforbruk være svært lite. Dette ansees for lite sannsynlig. Det anbefales imidlertid streng driftskontroll for å unngå slike situasjoner.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Resipientundersøkelser	1. Recipient surveillance
2. Næringssalter	2. Nutrients
3. Eutrofiering	3. Eutrophication
4. Kloakkforurensning	4. Sewage pollution



Anders Hobæk
Prosjektleder



Anne Lyche Solheim
Forskningsleder
ISBN 82-577-4570-7



Nils Roar Sælthun
Forskningsdirektør

Vurdering av Rutletjødno som resipient for avløp

Forord

På oppdrag fra Lars Myhre AS er det gjort en vurdering av Rutletjødno som resipient for et prosjektert renseanlegg på Rutle. Anlegget skal betjene et planlagt forsamlingslokale. Som grunnlag for vurderingene ble det gjennomført en enkelt program for registrering av vannkvalitet. Takk til Egil Risnes som utførte prøvetaking og besørget analyser ved Næringsmiddeltilsynet for Ytre Sunnhordland, til Leif Arne Bratlie for diskusjon og informasjon om det prosjekterte renseanlegget, og til Dag Berge (NIVA) for diskusjon.

Bergen, oktober 2004

Anders Hobæk

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Områdebeskrivelse	7
3. Datagrunnlag og beregninger	8
3.1 Prøvetaking	8
3.2 Avrenning	8
3.3 Avløp fra planlagt renseanlegg	9
3.4 Dybdeforhold og innsjøvolum	9
3.5 Belastning med næringssalter	11
3.6 Oksygenforbruk	11
4. Resultater	13
4.1 Måleresultater 2003	13
4.2 Effekt av næringssalter	15
4.3 Effekter av oksygenforbruk	16
5. Diskusjon og vurdering	18
5.1 Dyp og volum	18
5.2 Temperaturforhold	18
5.3 Avrenning	18
5.4 Vannkvalitet i innsjøen	18
5.4.1 Belastning av næringssalter	18
5.4.2 Belastning med organisk stoff	19
5.5 Ujevn belastning og eventuell økt belastning i fremtiden	19
5.6 Konklusjon	20
6. Henvisninger	21

Sammendrag

Et forsamlingslokale prosjekteres ved Rutle, Stord kommune. Som løsning for avløp er det foreslått et minirenseanlegg med kjemisk og biologisk rensing, og deretter utslipp på ca. 20 m dyp i Rutletjødno. Belastningen forventes å utgjøre 15,2 personekvivalenter (PE) pr. døgn i gjennomsnitt. Årlig belastning vil være ca. 5545 PE. Renseanlegget er dimensjonert for å håndtere dette samt en eventuell økning. Rapporten gir en vurdering av mulige effekter av slike utslipp i Rutletjødno basert på årlig belastning. Det er gjort vurderinger ut fra mulige scenarier med vekt på å få fram "worst-case" situasjoner.

I utgangspunktet er Rutletjødno en nokså liten resipient med god vannkvalitet og svært lavt innhold av næringssalter. Økt belastning med næringssalter fra rensesanlegget forventes å gi ubetydelige og knapt merkbare effekter, selv om rensesanlegget skulle være ute av drift over lengre tid.

Utslippene vil også medføre økt oksygenforbruk i innsjøens bunnvann. Muligheten for at alt oksygen i bunnvannet kan bli brukt opp i stagnasjonsperioder (spesielt sommer) er vurdert for ulike scenarier. Det knytter seg usikkerhet til de naturgitte forholdene i resipienten når det gjelder oksygen i bunnvannet. Foreliggende informasjon tyder på at utslippets bidrag til oksygenforbruk vil være ubetydelig så lenge renseseffekten er høy. Problemer med oksygenmangel kan tenkes å oppstå dersom avløpet går urensset over lengre tid.

Effektene av utslipp fra rensesanlegget må vurderes som ubetydelige dersom dette fungerer etter planen. Uheldige, men kortvarige effekter kan tenkes i spesielle situasjoner med stor belastning og svikt i rensesanlegget kombinert med omrøring i innsjøen. Slike kortvarige effekter kan gjøre seg gjeldende både i innsjøen og i elva nedenfor.

Gode driftsrutiner for rensesanlegget må ansees påkrevet. Det anbefales å anlegge en så stor fordrøyningstank for avløp som mulig foran selve rensesprosessen, og å slippe avløpet etter rensing ut et stykke over bunnen (f. eks. 15 m dyp) for å redusere faren for oksygensvinn i stagnasjonsperiodene.

Summary

Title: An assessment of the tarn Rutletjødnø as a potential sewage recipient.

Year: 2004

Author: Hobæk, Anders

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4570-7

A congregation center is being planned at Rutle in Stord municipality. All runoff from the centre is planned to go through a purification plant with chemical as well as biological treatment before discharge in the deep of the tarn Rutletjødnø. The load is expected to be 15.2 person equivalents (PE) per day, or 5545 PE per year. The purification plant is scaled to handle this amount, as well as a possible increase in the future. The present report evaluates the potential effects of this annual load on the recipient.

At the outset, Rutletjødnø can be characterized as small recipient with a good water quality and a very low nutrient level. An increased nutrient load due to discharge from the purification plant is not expected to cause problems in the lake, even if periods of plant malfunction should occur.

Organic load naturally causes hypolimnetic oxygen consumption during periods of stagnation (particularly during summer stratification in this climatic region). The possibility for consumption of all available oxygen is explored under various scenarios. Uncertainty about the natural oxygen levels in the hypolimnion remains, but the available data indicate that organic load from the discharge will be minor compared to the natural load as long as the purification plant works properly. Oxygen deficiency may occur if untreated sewage is discharged for a longer period.

Generally, the effects of treated runoff are expected to be minor provided that the purification process works well. Undesirable, but short-term effects could occur in periods of high load on the purification plant (or malfunction) combined with autumn turnover in the lake. Such effects could be manifest in the lake itself and the river downstream for a short period.

Strict control routines are called for. Due to the highly variable load on the purification plant, we recommend that a holding tank as large as practically possible is installed upstreams the purification process. We also suggest that it may be advantageous to release the discharge some meters above the deepest layers of the lake to reduce the potential for oxygen deficiency during stagnation periods.

1. Bakgrunn

Den Kristelige Menighet Stord (DKM Stord) planlegger å bygge nytt forsamlingslokale samt fire hytter på sin eiendom Rutle i Stord kommune. Lars Myhre AS står for prosjektering av avløp fra bebyggelsen, og har bedt NIVA vurdere miljømessige konsekvenser av foreslått løsning. Avløpsordningen er foreslått som et minirensanlegg i Klasse 1. Alt avløp fra hytter og forsamlingslokale vil i sin helhet samles opp og føres til rensanlegget. Renset avløp foreslås ført ut i Rutletjødno like ved eiendommen.

Rutletjødno er en liten resipient. Innsjøen har god vannkvalitet og en god bestand av aure, og har interesse som rekreasjonsområde både for lokalbefolkning og i forbindelse med forsamlingslokalet. Det er derfor viktig å velge en avløpsordning som ikke reduserer innsjøens verdi for sportsfiske og naturopplevelser, og som heller ikke gir uønskete effekter i vassdraget nedenfor. Her er det imidlertid ikke registrert sterke brukerinteresser. Det er ikke oppgangsmuligheter for sjøaure i elva, så det er ingen sportsfiskeinteresser knyttet til denne.

For å skaffe basiskunnskap om vannkvalitet i vassdraget ble det satt i verk prøvetaking på tre stasjoner i 2003. Forøvrig baseres vurderingene på informasjon om nedbørfeltet og på beregnede avløpsmengder fra det prosjekterte avløpsrensanlegget.

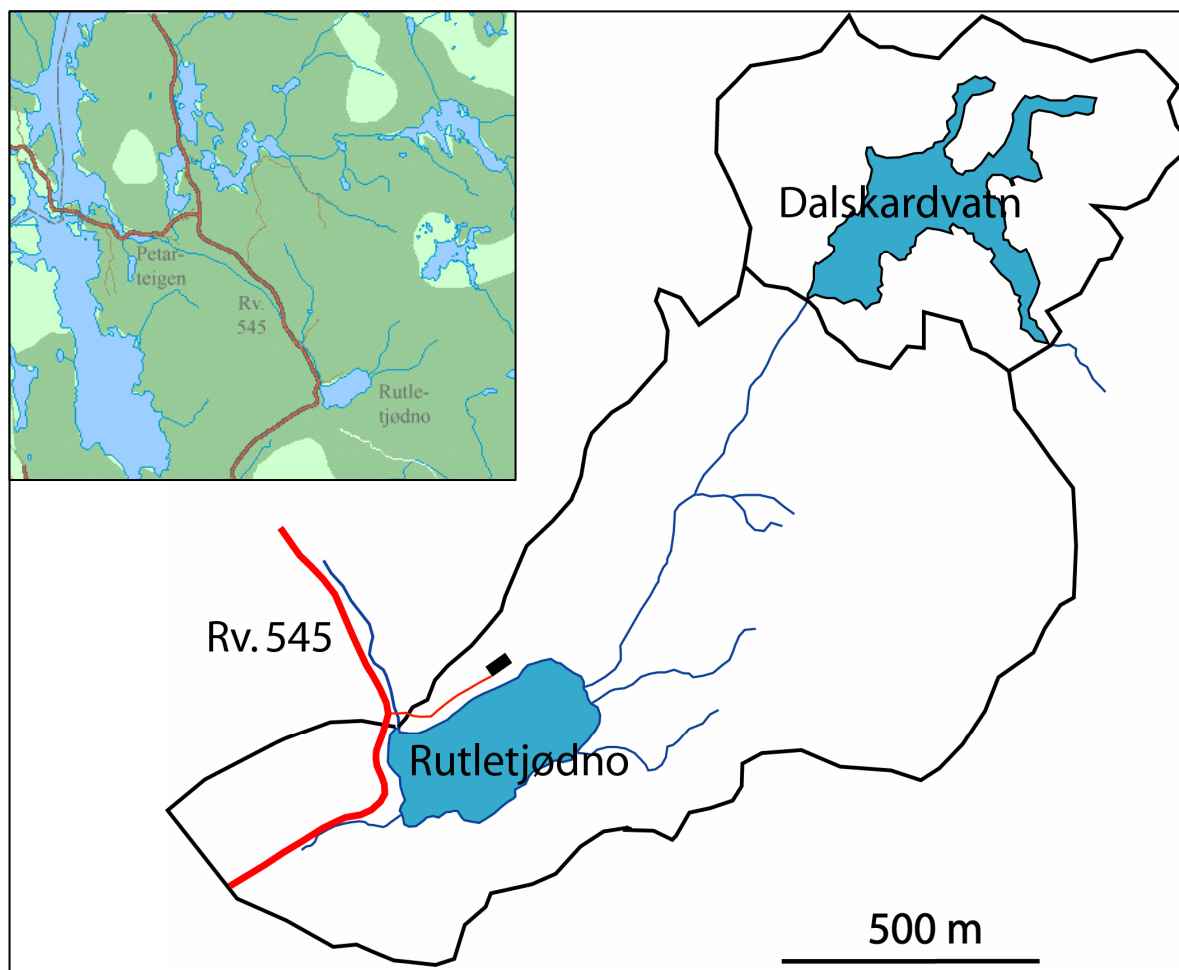
2. Områdebeskrivelse

Forsamlingslokale og hytter planlegges ved Rutletjødno (51 m o.h.). I følge NVEs innsjøregister (innsjønr. 22237, vassdragsnr. 044.4) har innsjøen et areal på 0,0724 km².

Rutletjødno har et lite nedbørfelt på ca. 1,02 km² (Figur 1). Nedbørfeltet strekker seg opp til Dalskardvatn (243 m o. h.), som ligger like over skoggrensen. Dalskardvatnet har naturlig avrenning både vestover mot Rutletjødno og østover mot Litlabø. Vannet har stemme i begge utløp. DKM har søkt om fallrett fra Dalskardvatn med tanke på et minikraftverk, men i dag drenerer alt vann herfra østover. Dalskardvatnets felt har et areal på ca. 0,41 km². Dersom rett til vann herfra oppnås vil dette være gunstig med tanke på miljøeffekter av avløp til Rutletjødno, siden større vannmengde gir større fortynning.

Nedbørfeltet består vesentlig av utmark. Det meste av dette er blandingsskog/furuskog uten bebyggelse. I lia øst for Rutletjødno går det skogsbilveier oppover til to myrområder, hvor det er laget en rekke dreneringsgrøfter. Ellers ligger et eldre småbruk ved Rutle, men dette drives ikke lenger. Rv 545 passerer kloss i utløpet av Rutletjødno, og følger elveløpet et stykke mot Petarteigen.

Fra Rutletjødno renner utløpsbekken ca. 1,5 km før utløp til Dåfjorden nedenfor Petarteigen. Vassdragets nedbørfelt nedenfor Rutletjødno utgjør ca. 6,4 km². Det meste av dette hører til Petarteigvatna, og elven herfra løper sammen med elva fra Rutletjødno like ovenfor utløp til sjø. Feltet nedenfor Rutletjødno uten sidefeltet fra Petarteigvatna utgjør bare ca. 1,5 km². Ved Petarteigen ligger det gårdsbruk like ved samløp med elven fra Petarteigvatna.



Figur 1. Rutletjødno og Dalskardvatn med nedbørfelt. Øverst til venstre en oversikt over hele vassdraget. Elva fra Rutletjødno renner til Petarteigen hvor den løper sammen med elv fra Petarteigsvatna før utløp i fjorden.

3. Datagrunnlag og beregninger

3.1 Prøvetaking

For å skaffe informasjon om vannkvalitet ble det iverksatt prøvetaking på tre stasjoner i vassdraget. Disse var innløpsbekk i Rutletjødno, utløpet av innsjøen, og elva ved Petarteigen ovenfor samtløp med elv fra Petarteigsvatna. Måleserien omfattet konduktivitet (KOND), surhetsgrad (pH), partikkelinnhold (turbiditet; TURB), næringssalter målt som totalt fosfor (Tot-P) og totalt nitrogen (Tot-N), kjemisk oksygenforbruk (KOF, permanganat-metode) og fargetall (FARGE). I tillegg ble det tatt prøver til bakteriologisk analyse (*E. coli* eller sikre tarmbakterier). Prøvetaking ble utført av Egil Risnes, DKM, og analysene er utført ved Næringsmiddeltilsynet for Ytre Sunnhordland (nå SLAB AS). Det foreligger målinger fra 5 tidspunkt i perioden april-september 2003.

3.2 Avrenning

Middel avrenning er estimert fra NVEs avløpskart (<http://arcus.nve.no/website/nve/viewer.htm>). For Rutletjødnos felt (uten Dalskardvatn) får vi ca. $76 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Dette gir en midlere årlig avrenning til

Rutletjødno på 2,44 mill. m³ (uten avrenning fra Dalskardvatnet). For Dalskardsvatnets felt er spesifikk avrenning ca. 90 l·s⁻¹·km⁻². Dersom Rutle får fallrettighet til Dalskardvatn vil Rutletjødno få større tilrenning. Hvis vi legger til halvparten av avrenningen fra Dalskardvatnet får vi en total middelavrenning fra Rutletjødno på 3,03 mill. m³·år⁻¹.

3.3 Avløp fra planlagt renseanlegg

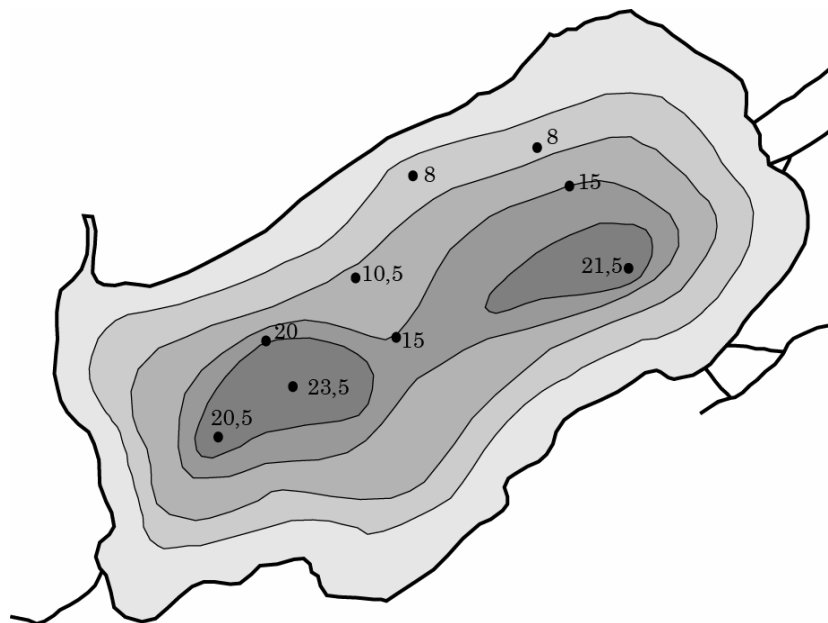
Det er planlagt et minirensesanlegg i Klasse 1 med kjemisk og biologisk rensing. Dette vil håndtere alt avløp inklusive gråvann fra eiendommen. Forslaget forutsetter at overløp føres til lukket system, for å hindre at urensset avløpsvann kan nå ut i resipienten. Renseanlegget er dimensjonert for 105 PE (personenheter, definert som et oksygenforbruk på 60 g O målt over fem dager [BOF₅]).

Anlegget vil være i bruk over hele året. Siden aktiviteten ved forsamlingslokalet omfatter møter og stevner med mange deltakere, er det planlagt et basseng for utjevning av belastningen på renseanlegget. I middel vil belastningen utgjøre 15,2 PE pr døgn. Renseanlegget er dimensjonert for en samlet kapasitet på 105 PE for å kunne håndtere topper i avløpsmengde, og for å ha kapasitet for en eventuell økning i aktiviteten.

Effekter av belastningen fra avløpsanlegget er vurdert ut fra samlet årlig tilførsel (5545 PE). Siden tilførsler fra anlegget vil føres ut på dypt vann, vil de akkumulere her i størstedelen av året da innsjøen er sjiktet, og fortynnes i bunnvannet. I perioder uten termisk sjiktning vil utslippene fortynnes i hele innsjøens volum.

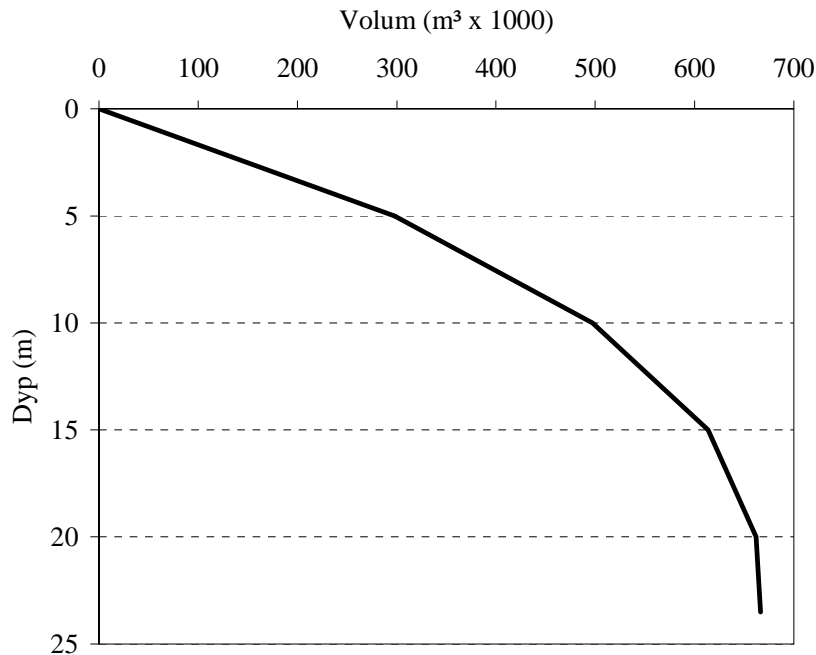
3.4 Dybdeforhold og innsjøvolum

Det foreligger ikke noe tilfredsstillende dybdekart for Rutletjødno, og dermed heller ikke et godt anslag for innsjøens volum. Dette gjør beregninger av tålegrense for belastning usikre. Noen dybdemålinger foreligger imidlertid. Etter informasjon tilsendt fra Egil Risnes, DKM Stord, er det målt 9 loddskudd i intervallet 8–23,5 m. Sannsynlige dybdekoter er skissert på kartet ut fra disse loddskuddene og fra topografien omkring (Figur 2).



Figur 2. Loddskudd i Rutletjødno og skisse av antatte dybdeforhold. Dybdekotene (5 m intervaller) må ikke oppfattes som nøyaktige, siden de er basert på få loddskudd.

Ut fra disse observasjonene kan vi anta et middeldypet på 9 m. En hypsografisk kurve basert på disse dataene er vist i Figur 3.



Figur 3. Antatt forhold mellom volum og dyp i Rutletjødno, basert på dybdekartet i Figur 2.

Som utgangspunkt for videre vurdering av belastning har vi brukt et middeldyp på 9 m, tilsvarende et innsjøvolum på 651.600 m³. Siden det er usikkerhet knyttet til dybdekart og volum er vurderingene av belastning med næringssalter beregnet for middeldyp varierende fra 7 til 11 m (Tabell 1). Alle beregninger er basert på middelavrenning fra nedbørfeltet (77, 48 l·s⁻¹ eller 2,44 mill. m³·år⁻¹). I tillegg er det gjort tilsvarende beregninger med avrenning fra halve Dalskardfeltet lagt til. Vi får da en middel årlig avrenning på 3,03 mill. m³·år⁻¹.

Tabell 1. Innsjøvolum og teoretisk oppholdstid for Rutletjødno beregnet ut fra middeldyp mellom 7 og 11 m. Oppholdstid er basert på middelavrenning (77, 48 L/s eller 2,44 mill. m³/år).

Middel dyp (m)	Volum (m ³)	Teoretisk oppholdstid (dager)
7	506 800	76
8	579 200	87
9	651 600	97
10	724 000	108
11	796 400	119

For vurdering av oksygenforbruk er det nødvendig å anslå et volum for den delen av vannmassen som ligger under de termisk sjiktede lagene, og som er isolert fra utveksling med atmosfæren gjennom stagnasjonsperiodene sommer og vinter (her kalt bunnvann). Den hypsografiske kurven (Figur 3) tyder på at volumet under 10 m dyp tilsvarer ca. 25 % av innsjøvolumet (169 500 m³), mens volumet under 15 m dyp utgjør ca. 53 000 m³ eller 8 %. Med Rutletjødno sin størrelse, form og skjermete beliggenhet er det lite sannsynlig at sprangsjiktet når dypere enn 10 m, slik at et dypvannsvolum tilsvarende minst

25 % antas å være realistisk. Det kan godt tenkes at sprangsjiktet normalt ligger mellom 5 og 8 m dyp. Dette betyr i så fall et større bunnvannsvolum, og dermed større fortynning av utslipp og større mengde oksygen tilgjengelig for nedbrytning av organisk materiale.

3.5 Belastning med næringssalter

For å vurdere belastning med næringssalter er det benyttet en empirisk fortynningsmodell kalt FOSRES (Berge 1987). Innsjøens tålegrense avhenger av avrenningsvolum og innsjøvolum. Beregninger for dagens tilstand ble basert på resultater av vannkjemiske målinger 2003.

Belastningsmodellen gir estimat for dagens fosfortilførsel og tålegrense (maksimal akseptabel belastning) for fosfor, basert på vannmengder og middelkonsentrasjon fra måleserien (utløp av Rutletjødn). Alle målte verdier er oppgitt som $<5 \mu\text{g P/L}$. Derfor ble $4 \mu\text{g P/L}$ brukt som input i modellen. Anslag basert på arealkoeffisienter (se nedenfor) tyder på at dette er noenlunde riktig.

Det er også gjort teoretiske anslag for tilførsler av fosfor og nitrogen basert på nedbørfeltets areal og avrenningskoeffisienter etter Bratli m.fl. (1995). For Rutletjødnos nedbørfelt er fosforavrenning anslått til $6 \text{ kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$. I tillegg kommer avsetning på innsjøoverflaten ($15 \text{ kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$). For nitrogen er det tilsvarende antatt en avrenning på $415 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$, og en avsetning på innsjø på $1,6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$ (hvorav 80 % med nedbør). Basert på disse betraktningene får vi forventet middelkonsentrasjon av fosfor på $2,8 \mu\text{g/L}$ og av nitrogen på $187 \mu\text{g/L}$ i avrenning fra Rutletjødn. Dette er selvsagt grove anslag, siden forholdene kan variere mellom nedbørfelt og atmosfærisk deposisjon vil variere betydelig med lokale forhold. Anslagene er imidlertid nyttige for å vurdere eventuelle avvik fra forventet tilstand uten lokale tilførsler. I dette tilfellet samsvarer anslagene ganske godt med de faktiske målingene fra 2003 (se avsnitt 4.1).

3.6 Oksygenforbruk

I vurdering av miljøeffekter fra planlagt utslipp er belastning med oksygenforbrukende organisk stoff viktig. Stort forbruk av oksygen i innsjøens vannmasser kan føre til oksygensvinn i dypvannet, som ikke får tilført atmosfærisk oksygen i stagnasjonsperiodene sommer og vinter (ved islegging). Det er derfor utført beregninger av tilgjengelig oksygen i forhold til naturlig forbruk pluss belastning fra renseanlegget. Hensikten med disse beregningene er å vurdere om det finnes realistiske scenarier der avløpet kan føre til at alt oksygen i stagnerende bunnvann forbrukes. Dersom dette skjer, er det fare for at næringssalter bundet i sedimentene kan frigjøres og mobiliseres for algeproduksjon (såkalt indre gjødsling), og dette vil være en uheldig utvikling for innsjøen og for vassdraget nedenfor. I tillegg kan oksygensvinn føre til at produksjon av bunndyr blir mindre, og at fisken unngår de dypere lagene av innsjøen.

Beregninger av oksygenforbruk er gjort i KOF (kjemisk oksygenforbruk). Utgangspunktet for disse beregningene er at vannmassen i Rutletjødn blir tilført oksygen etter omrøring vår og høst. Ved en vanntemperatur på $4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ tilsvarer full metning et oksygeninnhold på $12,9 \text{ mg/L}$. Erfaringsmessig ser vi ofte at vannmassene ikke når fullstendig metning ved sirkulasjon. Oksygenkonsentrasjoner på 10-11 mg/L er vanlig å observere i innsjøer i regionen i april-mai. Utgangspunktet er derfor satt til 10 mg O/L (78 % metning) for å ta et konservativt utgangspunkt.

Belastningen fra renseanlegget er basert på oppgitt verdi $15,2 \text{ PE/døgn}$ og en spesifikk verdi for BOF_7 på 70 g O/PE (Finnesand 2000). Urenset tilsvarer dette en årlig totalbelastning i BOF_7 på 388 kg O/år . Dette tilsvarer et kjemisk oksygenforbruk på ca. 658 kg O . Rensegraden for organisk materiale i det prosjekterte anlegget vil være høy (90 %). Hvis renseanlegget fungerer etter planen blir KOF-belastningen på Rutletjødn dermed 66 kg O/år . Dette kommer i tillegg til det naturlige oksygenforbruket i innsjøens bunnvann.

Disse anslagene tar bare hensyn til lett nedbrytbart organisk materiale. Parameteren BOF_7 fanger bare opp oxygenforbruket ved nedbrytning over 7 dager. Det derfor valgt å basere vurderingen på kjemisk oxygenforbruk (KOF), som er høyere enn BOF_7 . Også KOF underestimerer det potensielle oxygenforbruket, siden oksidasjonen som måles ikke bryter ned alt organisk materiale. Vanligvis vil oksidasjonsprosessen målt som KOF bryte ned rundt 40% av organisk materiale, men dette varierer betydelig (20-80 %) avhengig av det organiske materialets sammensetning (Vennerød 1984). Som en grov tilnærming har vi anslått naturlig oxygenforbruk til 8 mg O/L i bunnvannet. Dette er en dobling av verdiene som er målt i april-mai 2003 i overflatevann fra Rutletjødno (se kap. 4), og impliserer at KOF antas å representere 50 % av reelt oxygenforbruk.

4. Resultater

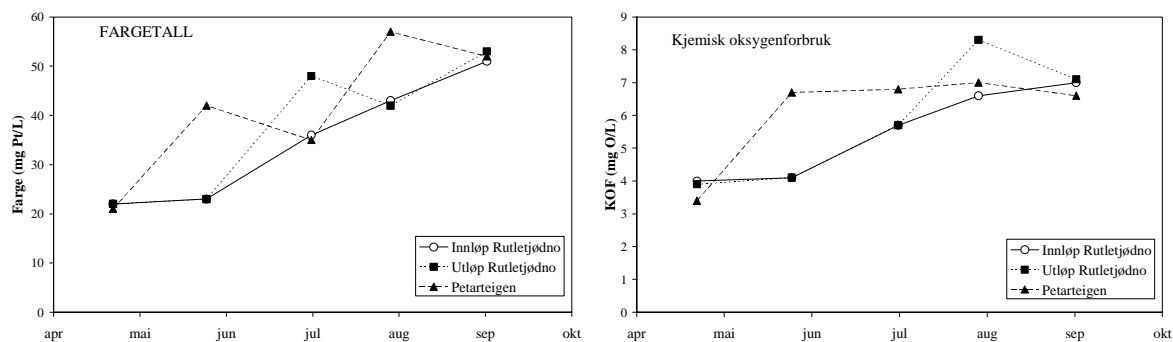
4.1 Måleresultater 2003

Samtlige måleresultater er vist i Tabell 2. Konduktiviteten (som uttrykker det totale innhold av ioner) var middels høy i hele vassdraget med verdier mellom 5 og 7 mS/m. Bare én måling ved Petarteigen i april lå høyere (10 mS/m). Surhetsgraden lå mellom pH 6,4 og 6,9, med både høyeste og laveste verdier målt ved Petarteigen. Fluktuasjoner i pH var mindre ved Rutle (6,6 – 6,8). Dette er ganske normale verdier for ytre Vestlandet, og tyder ikke på vesentlige forsuringsproblemer.

Innholdet av organisk stoff i form av humus var moderat, men med klar økning utover sommeren (Figur 4). Dette er et vanlig mønster i vassdrag på Vestlandet, men avhenger i stor grad av nedbør og utvasking av humus fra jordsmonnet. Samvariasjon mellom fargetall og kjemi tyder på at oksygenforbruket i hovedsak henger sammen med humusinnholdet.

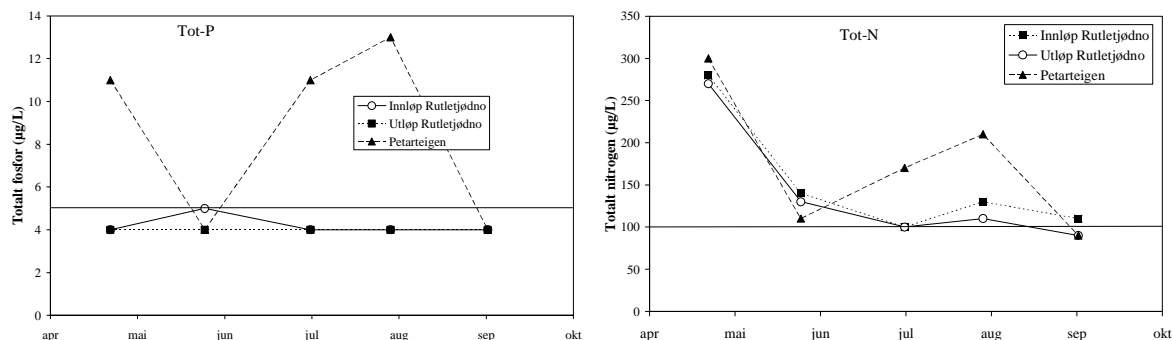
Tabell 2. Vannkjemiske og bakteriologiske måleresultater fra innløp til Rutletjødno (St. 1), utløp av Rutletjødno (St. 2) og utløpselva ved Petarteigen (St. 3) i perioden april – september 2003. Analysene er utført av Næringsmiddeltilsynet for Ytre Sunnhordland.

Stasjon	Dato	E. coli COLILERT	pH	KOND mS/m	TURB FTU	FARGE mg Pt/L	KOF mg O/L	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L
1	24.04.2003	0	6,63	6,6	0,35	22	4,0	<5	280
1	27.05.2003	2	6,66	6,2	0,36	23	4,1	5	140
1	03.07.2003	9	6,71	5,5	0,45	36	5,7	<5	100
1	31.07.2003	1	6,58	5,1	0,60	43	6,6	<5	130
1	03.09.2003	1	6,63	5,1	0,62	51	7,0	<5	110
2	24.04.2003	0	6,62	6,5	0,39	22	3,9	<5	270
2	27.05.2003	3	6,69	6,8	0,44	23	4,1	<5	130
2	03.07.2003	14	6,77	5,5	0,42	48	5,7	<5	100
2	31.07.2003	4	6,64	5,1	0,57	42	8,3	<5	110
2	03.09.2003	1	6,66	5,0	0,62	53	7,1	<5	<100
3	24.04.2003	89	6,88	10,0	0,38	21	3,4	11	300
3	27.05.2003	23	6,46	5,9	0,37	42	6,7	<5	110
3	03.07.2003	34	6,53	5,8	0,43	35	6,8	11	170
3	31.07.2003	38	6,66	5,7	0,43	57	7,0	13	210
3	03.09.2003	24	6,72	6,3	0,44	52	6,6	<5	<100



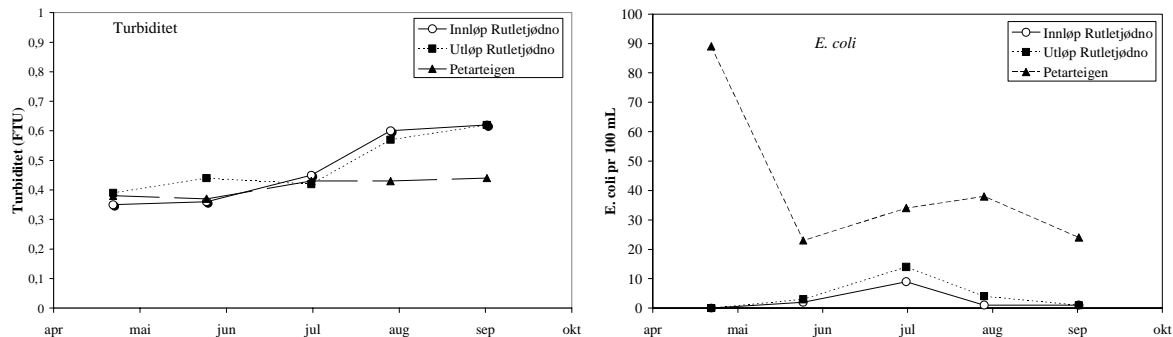
Figur 4. Fargetall og kjemisk oksygenforbruk målt på tre stasjoner i vassdraget i 2003.

Innholdet av næringssalter var generelt lavt (Figur 5). I Rutletjødno lå 9 av 10 målinger under deteksjongrensen for fosfor på 5 µg/L. Her må vi anta et fosforinnhold rundt 4 µg/L for både innløp og utløp av Rutletjødno. Ved Petarteigen var fosforinnholdet høyere og mer variabelt (maks. 13 µg/L, middel 8,6 µg/L).



Figur 5. Næringssaltene fosfor (Tot-P) og nitrogen (Tot-N) målt på tre stasjoner i vassdraget i 2003. Deteksjongrenser for analysene er angitt med horisontal strek. Verdier under deteksjongrensene (5 µg/L for fosfor; 100 µg/L for nitrogen) er plottet som 4 µg P og som 90 µg N pr liter.

Innholdet av partikler var moderat (Figur 6). I innløp og utløp av Rutletjødno fikk vi en økning fra ca 0,4 FTU i april – juni til 0,6 FTU senere på sommeren. Det var ikke noen økning av partikkelmengden i utløpet i forhold til innløpsbekken, og derfor må vi anta at produksjon av planteplankton i selve innsjøen er meget lav.



Figur 6. Innhold av partikler (turbiditet) og av tarmbakterier (*E. coli*) målt på tre stasjoner i vassdraget i 2003.

Det ble påvist lave verdier for tarmbakterier i innløp og utløp av Rutletjødno (Figur 6). Maksimalverdien var 14 *E. coli* pr 100 mL, og medianverdiene lå på 1 og 3 *E. coli* i henholdsvis inn- og utløpselva. Dette er nærmest for bakgrunnsverdier å regne, og enkelte bakterier vil alltid forekomme fra fugle- og dyreliv nær innsjøen. Derimot var bakteriemengden vesentlig høyere ved Petarteigen (maks. 89, median 34 *E. coli* pr 100 mL). Det er derfor klart at den nedre del av elva forurenses regelmessig. Dette kan stamme fra beitemark med husdyr, fra gjødselkjellere, eller komme med avrenning fra septikanlegg.

Etter SFTs system for klassifisering av vannkvalitet (Andersen m.fl. 1997) har hele vassdraget "mindre god" tilstand i forhold til organisk belastning (Tabell 3). Dette er naturgitt ved et moderat innhold av humus. For partikler og forsurende stoffer er tilstanden meget god. Det samme gjelder næringssalter i inn- og utløp av Rutletjødno, mens lengre ned i vassdraget fikk vi tilstandsklasse II ("god"). For tarmbakterier fikk vi tilstandsklasse II ("god") ved Rutletjødno og klasse III ("mindre god") ved Petarteigen. Klassifisering gjøres på grunnlag av middel- eller medianverdier for de fleste

påvirkningstyper, men for tarmbakterier og forsurende stoffer er klassifiseringen basert på dårligste måling. Grunnlaget for klassifisering er i dette tilfellet svakere enn normalt forutsatt (få målinger), og er først og fremst ment som en sammenfatning.

Tabell 3. Klassifisering av vannkvalitet i Rutletjødno og elva ved Petarteigen i 2003 etter SFTs system med 5 klasser som vist i kolonnen til høyre.

Stasjon		Tarm-bakterier	Nærings-salter	Organisk stoff	Partikler	For-suring	I Meget god
							II God
1	Innløp Rutletjødno	II	I	III	I	I	III Mindre god
2	Utløp Rutletjødno	II	I	III	I	I	IV Dårlig
3	Elv Petarteigen	III	II	III	I	I	V Meget dårlig

4.2 Effekt av næringssalter

Vurderingene for næringssalter er basert på fosfor, som er begrensende for plantevekst i ferskvann. Mengden fosfor som tilføres Rutletjødno i dag er beregnet basert på målte konsentrasjoner og hydrologi med FOSRES-modellen (Tabell 4). Anslag for dagens tilførsel ligger mellom 17 og 19 kg P, mens maksimal akseptabel belastning er anslått mellom 40 og 62 kg P avhengig av innsjøens volum.

Urenset avløp fra forsamlingslokalet ca. 17 kg fosfor pr år. Det planlagte renseanlegget har en rensegrad på 90 % for fosfor, så utslippet må forventes å ligge under 2 kg P pr år. Tillegget til de naturlige tilførselene blir da ca. 10 %, og langt under maksimal akseptabel belastning. Selv om renseanlegget er ute av funksjon over lang tid er det vanskelig å se at innsjøen skulle bli alvorlig skadelidende.

Tabell 4. Fosfortilførsel til Rutletjødno beregnet for ulike innsjøvolum. Beregningene er utført med FOSRES basert på 4 µg/L P som middel konsentrasjon og årlig avrenning på 2,443 mill. m³. Modellen angir også maksimal akseptabel belastning og dermed overskridelse/restkapasitet for fosfor. Verdier for det antatt mest sannsynlige middeldyp og volum er uthevet.

Middel dyp (m)	Volum (mill m ³)	Teor. oppholdstid (år)	P tilførsel (kg/år)	Maks. akseptabel P tilførsel (kg/år)	Restkapasitet for P (kg/år).
7	0,507	0,208	17	57	40
8	0,579	0,237	18	53	35
9	0,652	0,267	18	50	32
10	0,724	0,297	18	46	28
11	0,796	0,326	19	43	25

Dersom det bygges minikraftverk basert på avrenning fra Dalskardvatnet vil årlig avrenning fra Rutletjødno øke til anslagsvis 3 mill. m³ pr år. Dette vil gi kortere oppholdstid og større fortynning av utslipp, men også noe større "naturlige" tilførsler av fosfor. Beregninger med FOSRES viser på at Rutletjødnos evne til å tåle fosforbelastning vil øke noe (Tabell 5).

Tabell 5. Fosfortilførsel til Rutletjødno beregnet for ulike innsjøvolum dersom avrenning fra Dalskardvatn tas inn. Beregningene er utført med FOSRES basert på 4 µg/L P som middel konsentrasjon og årlig avrenning på 3,028 mill. m³. Modellen angir også maksimal akseptabel belastning og dermed overskridelse/restkapasitet for fosfor. Verdier for det antatt mest sannsynlige middeldyp og volum er uthevet.

Middel dyp (m)	Volum (mill m ³)	Teor. oppholdstid (år)	P tilførsel (kg/år)	Maks. akseptabel P tilførsel (kg/år)	Restkapasitet for P (kg/år).
7	0,507	0,167	21	69	48
8	0,579	0,190	21	64	43
9	0,652	0,214	22	60	38
10	0,724	0,238	22	56	34
11	0,796	0,263	22	52	30

For fosforbelastning til innsjøer er det slik at grunne innsjøer tåler høyere fosforkonsentrasjon enn dype innsjøer. Derfor får vi lavere grenser for maksimal akseptabel belastning med økende middel dyp (Tabell 4 og Tabell 5). Det er imidlertid ingen av de mulige scenariene for innsjøvolum som tilsier at fosforbelastningen fra det planlagte forsamlingslokalet kan komme i nærheten av disse grensene, selv ved sviktende prosess over lengre tid.

Grenseverdien for SFTs tilstandsklasse II ligger på 7 µg P/L uten å ta hensyn til middeldyp slik FOSRES gjør. Siden dagens middelkonsentrasjon antas å ligge på 4 µg/L eller lavere, må fosfortilførselene dobles for å overstige grensen for klasse I, som er dagens nivå. Dette tilsvarer urensset avløp over nesten et helt år. Et ekstremt scenario vil være null rense-effekt over et helt år (17 kg P), uvanlig liten avrenning (tørke), og større middeldyp enn antatt. Da vil belastningen kunne nærme seg tålegrensen for P.

4.3 Effekter av oksygenforbruk

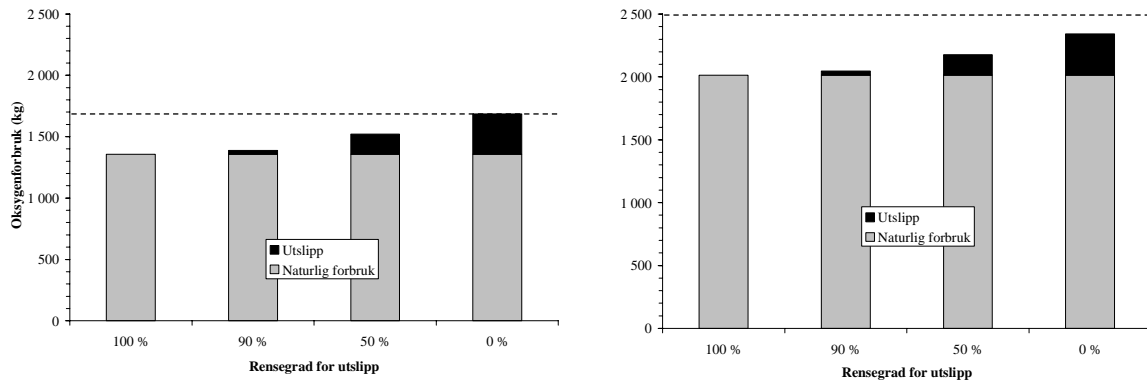
Effektene av utslipp av lett nedbrytbart organisk materiale avhenger sterkt av tilgangen på oksygen til nedbrytningsprosessen. Dette avhenger igjen av hvor stort bunnvannsvolumet er, og dermed av innsjøens morfometri og hvor dypt i vannmassen sprangsjiktet ligger. Utgangspunktet for å anslå tilgjengelig oksygenmengde i Rutletjødno er dybdekartet (Figur 2) og antagelsen om at sprangsjiktet ikke trenger dypere ned enn 10 m. Videre avhenger oksygenmengden av hvilken metningsgrad som oppnås ved omrøring (vår eller høst). Her er antatt 10 mg O/L (kap. 3.6) som utgangspunkt.

Ved nedbrytning av naturlig forekommende organisk stoff antar vi at naturlig forbruk utgjør 8 mg O/l i løpet av en stagnasjonsperiode (kap. 3.6). Dersom sprangsjiktet ligger på 10 m dyp, vil naturlig forbruk dermed utgjøre ca. 1360 kg O, mens den tilgjengelige oksygenmengden vil være rundt 1700 kg. Den resterende oksygenmengden blir da 340 kg. Dersom renseanlegget har optimal drift (renseeffekt 90 %), får vi et ytterligere forbruk på ca. 33 kg O over 6 mnd. Dette vil være ubetydelig i forhold til det naturlige oksygenforbruket.

Dersom renseanlegget skulle svikte i perioder, vil utslippet gå urensset i Rutletjødno. Hvis vi tenker oss en renseeffekt på 50 % over 6 mnd, får vi et tillegg i oksygenforbruk på ca. 164 kg O, og ingen rense-effekt gir tilsvarende et tillegg på ca. 330 kg O.

Beregninger av oksygenforbruk for to ulike scenarier er sammenfattet i Figur 7. Beregningene som er vist er basert på forutsetninger som gitt foran (10 mg O/L som konsentrasjon etter omrøring; et naturlig forbruk på 8 mg O/L; og bunnvannsvolum beregnet ut fra dybdekartet). Videre er belastningen fra renseanlegget satt til halvparten av ett års belastning, siden en stagnasjonsperiode

varer i maksimalt 6 mnd. Forskjellen mellom de to scenariene som er vist ligger i hvor dypt sprangsjiktet ligger, og dermed volumet av bunnvann.



Figur 7. Oksygenforbruk i bunnvann i Rutletjødno. Søylen viser antatt naturlig forbruk og påslag som følge av utslipp ved varierende grad av rensing av utslippet. 100 % rensing tilsvare dagens situasjon uten utslipp. 90 % rensing er renseanleggets forventede effekt, mens 0 % tilsvare urensset utslipp over 6 mnd. Figuren til venstre er basert på et bunnvannsvolum under 10 m dyp, mens den til høyre antar bunnvann under 8 m dyp. Vannrett stiplede linje angir oksygenmengde som antas å være tilgjengelig etter omrøring.

Som det går fram av Figur 7 vil det naturlige forbruket av oksygen utgjøre en langt større del enn det som kan forventes som følge av utslipp fra renseanlegget. Dette gjelder også ved mangelfull rensingseffekt over en lang periode (søylene for 50 % rensingseffekt i figuren tilsvare urensset avløp i en halv stagnasjonsperiode på 6 mnd.). Imidlertid ser vi også at marginen før alt tilgjengelig oksygen er brukt opp ikke er stor.

Dersom bunnvannsvolumet er mindre enn antatt, vil sjansen for oksygenvinn være langt større enn beregningene over indikerer. Også i dette tilfellet vil det naturlige oksygenforbruket bety mest, og det er da ikke usannsynlig at alt oksygen brukes opp uavhengig av utslipp. Imidlertid vil påslaget i oksygenforbruk på grunn av utslippet bety relativt mer i forhold til naturlig oksygenforbruk i dette tilfellet.

5. Diskusjon og vurdering

Vurderingene som er presentert i denne rapporten er basert på en rekke antagelser. Nedenfor diskuteres kort realismen i disse antagelsene. Et viktig generelt moment er at alle anslag i utgangspunktet er konservative, slik at de ikke skal redusere risiko i utgangspunktet. Hensikten med dette er å få fram mulige "worst-case" scenarier.

5.1 Dyp og volum

Innsjøens volum er beregnet ut fra ganske få loddskudd, og disse gir grunnlag for en rimelig antagelse om middeldyp og volum. Totalvolum og bunnvannsvolum er viktige for vurdering av effekter av utslipp. Derfor er muligheten for mindre middeldyp og bunnvannsvolum enn dybdemålingene tyder på tatt i betraktning i alle beregninger, så dette aspektet burde være rimelig godt ivaretatt.

5.2 Temperaturforhold

Som grunnlag for vurderingene burde det også foreligge flere profiler av temperatur gjennom vannsøylen ved ulike årstider. Dette er viktig fordi 1) temperatursjiktningens plassering i dypet definerer avgrensningen av bunnvannet, og 2) temperaturfordelingen er viktig med tanke på hvordan et dykket utslipp vil fordele seg i vannmassene. Dersom utslippet har høyere temperatur enn bunnvannet (dette vil trolig ofte være tilfelle, både fordi vann til vask og dusj er oppvarmet og fordi renseprosessen i seg selv kan generere varme) vil utslippet ha lavere egenvekt enn kaldt bunnvann og derfor stige oppover under innblanding. Det er umulig å gi noen kvantitativ vurdering av risiko for at utslipp kan trenge opp i de øvre vannmasser uten temperaturdata. Dette kan trolig skje i perioder med svak temperatursjiktning i innsjøen. I praksis vil dette antagelig gjelde vinterhalvåret, og særlig i sirkulasjonsperiodene oktober/november og mars/april. Innlagring lar seg nokså enkelt beregne med modellverktøy, men dette krever temperaturdata fra innsjøen.

For å sikre best mulig fortynning og rask innblanding av utslippsvann er det vanlig å montere en diffusor på enden av utslippsledningen. Dette anbefales også i Rutletjødno, for å redusere faren for at utslippet slår opp i de øvre vannmassene. Effekten av ulike design av en diffusor lar seg også greit beregne dersom det foreligger temperaturprofiler.

5.3 Avrenning

Beregningene som er presentert for belastningsvurdering av fosfor er basert på middelavrenning. I tørre år kan denne være vesentlig mindre enn normalen. Det er derfor gjort tilsvarende beregninger med FOSRES-modellen med 70 % vannføring, uten at dette endrer på konklusjonene for belastning med næringssalter. Dersom en del av avrenningen fra Dalskardtjernet overføres til Rutletjødno vil dette ha gunstig effekt.

5.4 Vannkvalitet i innsjøen

Basert på målingene i 2003 vurderes vannkvaliteten i Rutletjødno som god, men med et noe høyt naturlig innhold av organisk stoff.

5.4.1 Belastning av næringssalter

I forhold til mengden fosfor ansees det som svært lite sannsynlig at effektene av de planlagte utslipp blir merkbare, selv om renseanlegget skulle fungere dårlig i lengre perioder, og selv om innsjøen skulle ha mindre volum enn antatt. Her er marginen svært god.

5.4.2 Belastning med organisk stoff

Beregninger av oksygenforbruk som følge av organisk belastning viser at det forventede utslippet betyr lite i forhold til antatt naturlig oksygenforbruk. Hovedproblemet for vurderingen er at vi har svake holdepunkt for å anslå det naturlige forbruket, og dette er i stor grad basert på skjønn. Det er mange eksempler på at oksygensvinn i bunnvannet forekommer naturlig i innsjøer med lite bunnvannsvolum og høyt innhold av humus. Hvis dette er tilfelle i Rutletjødno vil utslipp fra renseanlegget uansett være uheldig, men likevel bety nokså lite så lenge anlegget har høy rensegrad. Målinger av oksygeninnhold i bunnvannet før høstomrøring ville gitt et langt sikrere vurderingsgrunnlag.

Målingene av fargetall og kjemisk oksygenforbruk i overflatevann fra Rutletjødno viste moderate verdier i april-mai 2003 (kap. 4.1). Disse målingene er grunnlaget for å anslå et naturlig oksygenforbruk i bunnvannet på 8 mg O/L, som er det dobbelte av målt KOF. Det antas da at målingene i overflaten er representative for bunnvannet, siden målingene er gjort kort etter omrøring. Måleserien viser imidlertid også at fargetall og oksygenforbruk økte til det dobbelte i overflateavrenningen i løpet av sommeren. Dette er et ganske vanlig mønster i regionen, og henger sammen med klimatiske forhold (temperatur og nedbør). Vi har imidlertid ingen garanti for at organisk innhold alltid er lavt om våren. Hvis temperaturen er høy og det regner mye i mars-april, kan det forventes at avrenningen fra nedbørfeltet vil ha høyere organisk innhold enn våren 2003. Da vil også det naturlige oksygenforbruket i bunnvannet bli høyere. Det kan ikke utelukkes at oksygensvinn forekommer i Rutletjødno enkelte år som følge av naturlige variasjoner i klima. Hvis dette er tilfelle, er Rutletjødno mer sårbar som resipient enn beregningene vist her gir uttrykk for.

Et annet usikkerhetsmoment er at kjemisk oksygenforbruk ikke viser det virkelige oksygenforbruket. Både BOF₇ og KOF vil underestimere dette. I beregningene er KOF antatt å representere halvparten av virkelig oksygenforbruk. Dette er en rimelig antagelse, men en dårlig erstatning for målinger av oksygen i dypvannet i slutten av en stagnasjonsperiode. Som nevnt tidligere er det stor variasjon i hvor stor del av det organiske materialet som oksideres med denne analysemetoden. På den annen side vil en del tungt nedbrytbart materiale heller ikke nedbrytes i innsjøen.

I mangel av målinger i bunnvannet av Rutletjødno er det altså problematisk å vurdere betydningen av organisk stoff fra renseanlegget. Det er klart at så lenge renseanlegget fungerer godt, blir tillegget av oksygenforbrukende organisk stoff nærmest ubetydelig i forhold til den naturlige belastningen. Usikkerheten knyttet til det naturlige oksygenforbruket og dermed resipientens sårbarhet tilsier derfor at det legges vekt på å etablere gode kontrollrutiner for renseanlegget.

For å unngå at det utvikler seg oksygensvinn er det trolig hensiktsmessig å legge utslippet høyere opp i vannmassen enn 20 m som foreslått. Et utslipp som ligger f. eks. på 15 m kan gi bedre fortykning og motvirke at det samler seg forurenset vann i dype holer der det lett kan medføre oksygensvinn. Den optimale plasseringen av utslippet kan vurderes nærmere basert på temperaturprofiler og modellering av fortykningen.

5.5 Ujevn belastning og eventuell økt belastning i fremtiden

Forsamlingslokalene vil bli brukt til stevner og andre begivenheter der mange mennesker samles for en kort periode. Dette søkes utjevnet ved at avrenning samles i en stor tank foran rensetrinnet. Dette gir en viss sikkerhet mot urensset utslipp ved driftsstans i selve prosessen. Jo større fordrøyningskapasitet, jo mindre risiko for urensset avløp direkte til vassdraget. Det anbefales derfor at det anlegges en så stor tank som mulig for urensset avløp.

Ved høstomrøringen vil forholdsvis mye utslipp ha akkumulert i bunnvannet, mens det vanligvis vil ha samlet seg mindre i løpet av vinterhalvåret fordi lang tids islegging og stagnasjon forekommer sjelden i vårt klima. Ved selve omrøringen vil forurensningen fortynnes kraftig, og dette vil vanligvis skje flere ganger i vinterhalvåret. Det er gunstig at utvaskingen av størsteparten av de akkumulerte utslipp vil skje om høsten, da lav temperatur og lite lys vil dempe effekter i form av påvekstorganismer i elva nedenfor Rutletjødno.

Det bør imidlertid pekes på at tidspunkt for stevner og stor belastning kan falle sammen med ugunstige hydrologiske forhold. Store utslipp (i volum) under omrøring i innsjøen om høsten kan tenkes å gi målbare effekter i vassdraget nedenfor i form av økte konsentrasjoner av tarmbakterier og næringssalter. Den nedre del av elva synes å få regelmessige tilførsler av kloakk og/eller gjødsel også i dag, og eventuelle påslag fra Rutletjødno forventes å være ganske kortvarige i slike situasjoner. Også i denne sammenheng er det viktig å fordele utslippet over tid, dvs. å ha så stor fordrøyningskapasitet som mulig.

Dersom bruken av forsamlingslokalet forventes å øke i fremtiden, vil belastningen på Rutletjødno og også øke. I forhold til næringssalter har innsjøen forholdsvis god resipientkapasitet for en slik økning, mens kapasiteten synes å være liten i forhold til økt organisk belastning.

5.6 Konklusjon

Rutletjødno har i dag god vannkvalitet og synes å være ubetydelig påvirket av menneskelig aktivitet. Det er i både forvaltningens og utbyggerens interesse å beholde innsjøens gode tilstand slik at den utgjør en attraktiv del av hele området. Med de naturgitte forutsetninger synes Rutletjødno å ha kapasitet til å tåle utslipp fra det prosjekterte anlegget godt, så lenge dette fungerer noenlunde etter forutsetningene. Det eneste grunnlag for betenkeligheter kan ligge i hva som vil skje dersom anlegget av ulike grunner skulle fungere dårlig over lengre perioder. Dette kan f. eks. skje dersom anlegget går tomt for kjemikalier til renseprosessene, og det går lang tid før dette rettes opp. Det viktigste krav som bør stilles for utbyggingen er derfor sikre kontrollrutiner for anleggets drift.

6. Henvisninger

- Andersen, J.A., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04. TA 1468/97. 31 s.
- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå i sjøer med middeldyp 1,5-15 m. NIVA-rapport Lnr. 2001. 44 s.
- Bratli, J.L., Holtan, H. & Åstebøl, S.O. 1995. Miljømål for vannforekomstene. Tilførselsberegninger. SFT-veiledning 95:02. TA-1139/1995. 70 s.
- Finnesand, T. 2000. Forskrift av 12. april 2000 om utslipp fra mindre avløpsanlegg: veiledning til kommunene. SFT-rapport TA-1741-2000. 70 s.
- Vennerød, K. (red.). 1984. Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologiske undersøkelser. Universitetsforlaget.